

بررسی و مطالعه مواد و فنون به کار رفته در آرایه‌های رنگی مدرسه ضیائیة شهر یزد

بهشاد حسینی، مینا خوبانی ربّانی، فائزه اصفهانی پور

چکیده

مدرسه ضیائیة یا زندان اسکندر یکی از ابنیه ارزشمند به‌جا مانده از دوران اتابکان یزد می‌باشد که با وجود تزئینات و معماری منحصر به فرد بومی، کمتر مورد توجه و بررسی قرار گرفته است. با توجه به عدم مطالعات فن-شناسی دقیق و وجود ابهامات درباره فنون و مواد به کار رفته در تزئینات کتیبه‌های این بنا، در این پژوهش سعی بر آن شد که پس از معرفی اجمالی بنا و آرایه‌های رنگی موجود در تزئینات زیرگنبد، به بررسی دقیق و شناسایی رنگ‌دانه‌ها و ساختار به کار رفته در لایه‌های زیرین تزئینات پرداخته شود. روش پژوهش در این تحقیق، تجربی-آزمایشگاهی بوده و روش دستیابی به اطلاعات، منابع کتابخانه‌ای و روش‌های آزمایشگاهی و مطالعات میدانی است. مطالعات آزمایشگاهی انجام گرفته مشتمل بر دو روش شیمی تر (کلاسیک) و تجزیه دستگاهی نظیر XRF، SEM-EDX و FTIR می‌باشد. نتایج پژوهش مبین آن است که رنگ‌دانه‌های به کار رفته در تزئین کتیبه‌های بنای مورد مطالعه، دارای منشأ معدنی بوده است و لایه بستر از اندود گچی و لایه تدارکاتی از جنس گل سفید (هونتیت) می‌باشد. همچنین شیوه اجرای نقوش در تطابق با روش‌های مرسوم گذشته شامل اجرای لایه‌های تدارکاتی، انتقال طرح به روش گرته کردن بر روی بستر، مشخص کردن خطوط کلی طرح با استفاده از قلموی خیس و یا خط انداختن با جسم تیز و قلمگیری با رنگ و اجرای رنگ‌گذاری نقاشی با تکنیک آبرنگ یا تمپرای صمغی انجام گرفته است.

واژه‌های کلیدی: ضیائیة، آرایه‌های بومی، یزد، رنگدانه، فن‌شناسی.

مقدمه

شهر یزد در طول حیات خود شاهد ظهور سلسله‌های محلی مختلفی نظیر اتابکان و آل مظفر بوده است. یزد با پذیرش ایلی مغولان توسط اتابکان یزد از هجوم آن‌ها در امان ماند. اتابکان که همیشه مناسبات حسنه خود را با ایلخانان حفظ می‌نمودند، تا اواخر عصر ایلخانان (اولجایتو) همچنان بر یزد حاکم بودند تا آنکه حکام آل مظفر جانشین آن‌ها شدند [۱]. رونق و آبادانی شهر یزد در طول حکومت این سلاسل سبب شد تا یزد از نظر علمی و فرهنگی اهمیت یابد [۲] و مأمّن دانشمندان گشته و این گردهمایی سبب تشویق وزیران و ثروتمندان خیراندیش به تأسیس مدارس بی‌شمار در سایه توجه و حمایت حاکمان محلی گردید [۱]، [۳]. یکی از این مدرسه‌های ارزشمند به یادگار مانده از دوره حاکمیت اتابکان یزد، مدرسه ضیائیه است که امروزه بیشتر به زندان اسکندر معروف می‌باشد. اهمیت این بنا آن قدر زیاد است که شهر یزد را قرن‌ها با شهرت زندان اسکندر می‌شناسند. اهمیت این بنا بیشتر به علت به‌کارگیری شیوه ماهرانه در ساخت گنبد آن که سبب گشایش سرفصل نوینی در بنای مدارس اسلامی دوره مغول شده و همچنین دارا بودن تزئینات گچ‌بری، نقاشی و کتیبه‌های بکر و منحصر به فرد آن است [۴]. با توجه به این نکته که تاکنون پژوهش و مطالعه‌ای دقیقی بر روی تزئینات این بنا صورت نگرفته است، بررسی فنی و مطالعات دقیق آزمایشگاهی با هدف شناخت مواد و فنون اجرایی در کتیبه‌های این بنا ضروری به نظر رسید و سعی گردید در طی این پژوهش به پرسش‌های زیر پاسخ داده شود:

- ۱- به طور کلی چه نوع تزئیناتی در مدرسه ضیائیه به‌کار رفته است؟
- ۲- ترتیب قرارگیری لایه‌های تشکیل دهنده آرایه‌های رنگی موجود در زیر گنبد چگونه بوده است؟
- ۳- چه رنگ‌دانه‌هایی برای اجرای لایه‌های مختلف آرایه‌های رنگی، مورد استفاده قرار گرفته است؟
- ۴- تکنیک هنرمند برای انتقال طرح، مشخص کردن خطوط طرح و اجرای نقاشی چه بوده است؟

روش تحقیق

این پژوهش با تمرکز بر بررسی تکنیک‌های اجرای نقوش، لایه‌های مشترک تشکیل دهنده تزئینات و شناسایی مواد به‌کار گرفته شده در لایه‌های زیرین و رنگ‌ها انجام گرفته است و دستیابی به این اهداف، با استفاده از روش تحقیق تجربی-آزمایشگاهی و تحلیل نتایج بر اساس یافته‌های مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی و آزمایشگاهی محقق گردید. پس از بررسی و معرفی تزئینات زیر گنبد، به منظور شناسایی لایه‌های تدارکاتی، بستر و رنگدانه‌ها، نمونه‌هایی از سه کتیبه‌ی شکرگاه گنبد، کتیبه‌های تک‌عبارتی و کتیبه‌های با نقوش اسلیمی تهیه گردید. سپس با استفاده از آنالیزهای دستگاهی و شیمی کلاسیک، ماهیت مواد مورد استفاده در این تزئینات، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت شناسایی زیرطرح‌های موجود نیز از تکنیک عکس‌برداری رفلکتوگرافی دیجیتال مادون قرمز استفاده گردید.

پیشینه پژوهش

تاکنون چندین مطالعه در زمینه معرفی و بررسی بناهای دوره ایلخانی و معماری آن انجام گرفته است. ویلبر (۱۳۴۶) در کتاب «معماری اسلامی ایران در دوره ایلخانان» به شناسایی بناها و معرفی کلی خصوصیات برجسته تزئینات معماری در این دوره پرداخته است [۵]. افشار (۱۳۵۴) در کتاب «یادگارهای یزد»، پس از معرفی بناهای یزد، به توضیح مختصر درباره تزئینات این بناها بسنده کرده است [۶]. کاتب (۱۳۸۶) در کتاب «تاریخ جدید یزد» [۷] و جعفری (۱۳۸۴) در کتاب «تاریخ یزد» [۸]، تنها به معرفی بناها و چگونگی تأسیس بناها در شهر یزد و بنیان ساخت آن‌ها پرداخته‌اند. خادم‌زاده و همکارانش (۱۳۸۷) در کتاب «معماری دوره آل مظفر یزد (ایلخانی و تیموری) با نگاهی به

بناهای عصر اتابکان» به معرفی بناها و تزئینات آن‌ها در این دوره زمانی می‌پردازند [۹]. عینی‌فر و خادم زاده (۱۳۹۰)، در پژوهشی با هدف بازنشاسی معماری اتابک یزد به تحلیل و بررسی موردی مجموعه دولت‌خانه اتابک قطب‌الدین و عناصر معماری آن به عنوان نمونه‌ای به‌جا مانده از دوره اتابکان یزد پرداخته و اشاره می‌کند که استفاده از رنگ لاجورد در ترکیب با طلا برای تزئین داخلی بنا در معماری این دوره رایج بوده است [۱۰]. همچنین پژوهش‌هایی در زمینه بررسی و شناسایی رنگ‌دانه‌ها و فنون اجرای تزئینات نقاشی و دیوارنگاره‌های دوره ایلخانی صورت پذیرفته است. کریمی و هلاکویی (۱۳۸۷)، در بررسی بنای پیر حمزه سبزه‌پوش ابرکوه اشاره می‌کنند که رنگ‌های مورد استفاده در دیوارنگاره‌ها، گل‌سفید، آبی آزریت^۱، مالاکیت^۲، آخرای قرمز و زرد بوده و برای اجرای طرح شمس، مرز نقوش با استفاده از پرگار و خط‌کش به طور مستقیم روی زمینه کاه‌گل کشیده شده است [۱۱]. علومی (۱۳۸۸) در بررسی خانه حسینیان شهر یزد، پس از انجام مطالعات آزمایشگاهی، دریافت رنگ‌های مورد استفاده در دیوارنگاره‌های این بنا دوده، آبی لاجورد، قرمز سرنج و هانتیت^۳ بوده است و طرح‌ها با تکنیک آبرنگ و به‌صورت گرته کردن، قرص کردن و سپس رنگ‌گذاری اجرا شده است [۱۲]. حمزوی (۱۳۸۸) در بررسی نقاشی‌ها و تزئینات گچی سقف گنبد بقعه سید رکن‌الدین اشاره می‌کند که در این بنا کتیبه‌های متعددی با تکنیک‌های مختلف و خطوط مختلف اجرا شده است که نوع تکنیک، نقاشی آبرنگی، گچبری قالبی و گچبری فتیله‌ای و آرایه‌های گچی برجسته است و رنگ‌دانه‌های مورد استفاده در این تزئینات، سبز سیلو، آبی آزریت، قرمز اخرا، گل سفید، قرمز شنگرف، دوده و ورق طلا و ورق قلع هستند [۱۳]. شیشه-بری، فرهنگ و عابد اصفهانی (۱۳۹۱) به بررسی مواد و فنون به‌کار رفته در پنج بنای عصر ایلخانی پرداخته است و اشاره می‌کند که اغلب رنگ‌دانه‌های مورد استفاده در دیوارنگاره‌های دوره ایلخانی، مواد معدنی نظیر آبی آزریت، آبی لاجورد، سبز مالاکیت، سبز سیلو، قرمز اخرا، قرمز سرنج، شنگرف، گل سفید و ورق طلا بوده است و تکنیک اجرا به چهار شیوه انجام شده است. در روش اول با گرته کردن، قرص کردن و سپس رنگ‌گذاری آن، در روش دوم، با اجرای طرح روی مقوا و کاغذ و برش آن و چسباندن روی بستر و سپس دورگیری و رنگ‌آمیزی، در روش سوم با ترسیم نقوش به کمک خراش‌اندازی ظریف و در روش چهارم با ترسیم نقوش به صورت بداهه اجرا گشته است [۱۴].

معرفی بنای مدرسه ضیائیه

دولت اتابکان که بعد از آل کاکویه روی کار آمد، به‌سبب حفظ روابط حسنه خود با ایلخانان به محلی امن برای علما و فرهیختگان تبدیل گشت و زمینه رونق و آبادانی را در شهر یزد فراهم آورد. یکی از رسم‌های رایج این دوره، ساخت مدرسه توسط متمولین و حکام بوده است و تقریباً تمام امرای اتابک مدرسه‌ای را در یزد می‌ساختند [۱۵] و [۹]. یکی از مهم‌ترین مدارس ساخته‌شده در این دوره، مدرسه ضیائیه شهر یزد می‌باشد. مولانا ضیاء‌الدین حسین رضی بن مولانا شرف‌الدین علی بانی مدرسه ضیائیه می‌باشد [۱۶]. ضیاء‌الدین ساخت ساختمان مدرسه را در سال ۶۳۱ هـ.ق آغاز نمود و سپس دو پسر وی مولانا شرف‌الدین علی و مولانا مجدالدین حسن در سال ۷۰۵ آن را به اتمام رسانیدند [۷]. این مدرسه در محله فهادان، جنب بقعه‌ی دوازده امام قرار دارد. این مجموعه شامل میانسرا، ایوان در سه ضلع، گنبد، پایاب و اتاق‌های متعدد می‌باشد که گنبد موجود در این بنا از گنبد‌های شاخص دوران اتابکان است. این گنبد واقع در ضلع جنوب غربی و از خشت و گل و در برخی از قسمت‌ها آجر ساخته شده است. پلان گنبدخانه مربع شکل و اندازه هر یک از اضلاع آن ۸/۸ متر است. گنبد نیم‌دایره بنا به وسیله فیلیپوش‌های چهار طرفه بر روی دیوارهای بلند بنا سوار شده و فضای چهارضلعی را به هشت و سپس شانزده ضلعی تبدیل ساخته است [۹]. در حقیقت گنبد مدرسه ضیائیه بهترین نمونه اسکنج ساده با طاق‌بندی است. به نظر دکتر پیرنیا، فقط پوسته روئین گنبد آجری است [۶]. قطاربندی زیبایی با

- 1 -Azurite
- 2 -Malachite
- 3 -Huntite

آجر دور تادور ساقه گنبد خودنمایی می‌کند. این پوسته روئین بر اساس تقسیم‌بندی شکل هندسی خودها (جداره‌ی بیرونی گنبد) دارای چفد یا قوس شبدری تند می‌باشد که علاوه بر دارابودن تناسب و زیبایی ظاهری، دارای توانایی حمل بار خوبی است [۱۷].

معرفی تزئینات داخلی فضای گنبدخانه مدرسه ضیائیة

فضای زیر گنبد از جمله بخش‌های اصیل دوران اتابکان یزد می‌باشد که انواع تزئینات در آن نقش بسته است [۹]. تزئینات داخلی فضای گنبد مشتمل بر دو دسته‌ی مهم می‌باشد که شامل موارد زیر است:

الف- آرایه‌های سازه‌ای

- طاق‌نماهای دیواره‌ها: دیوارها توسط طاق‌نماهایی به شکل خُنچه‌پوش تخت به سه بخش پهن میانی و باریک‌تر در طرفین تقسیم شده‌اند.
 - موتیف‌های گلدانی پایه‌ی قوس‌های طاق‌نماها: بر روی لبه‌ی میانی طاق‌نماها، اشکالی مشابه گلدان‌هایی برجسته کار شده است این بنا مانند سایر بناهای مشابه، به وسیله‌ی اندود گچ یکپارچه سفید شده است. این موتیف‌های گلدانی در بناهای تاریخی شهر یزد در این محدوده زمانی رایج بوده‌اند.
 - درهای گره‌سازی چوبی
- در جناح‌های شمالی و شرقی فضای گنبدخانه دوعدد در با نقوش مشبک گره (شمالی بزرگتر از جنوبی) از جنس چوب چنار وجود دارد که در حین مرمت‌های دهه‌ی ۷۰ شمسی به مجموعه اضافه شده است.

ب- آرایه‌های رنگی

- کتیبه شکرگاه گنبد شامل خط کوفی مُزَهَّر و طرح طره‌چینی با رنگ لاجوردی با ارتفاع حدودی ۱۲۸-۱۲۹ سانتی‌متر، دور تا دور سقف باقی مانده و با متن آیه‌ی الکرسی (آیه‌ی ۲۵۵ سوره‌ی بقره)، به چشم می‌خورد که آسیب فراوان دیده و بخش عظیمی از آن از میان رفته است.
- کتیبه‌های تک‌عبارتی داخل نغول‌های بالای اسکنج‌ها به همراه خط‌کشی با رنگ لاجوردی. داخل این طاق‌نماهای کوچک کتیبه‌هایی به خط کوفی تزئینی کار شده که متأسفانه به علت ریزش و محو شدن‌های بسیار، به جز تعدادی، بیشتر آن‌ها قابل خواندن نمی‌باشند [۹]. این عبارات شامل «الحمد لله»، «الشکر لله» و «الثناء لله» می‌باشند (تصاویر ۱ تا ۳).
- آرایه‌های اسلیمی داخل اسکنج‌ها که هریک با دیگری متفاوت بوده و با قلم‌گیری رنگ سیاه رقیق و نقوش با رنگ‌های لاجوردی و قرمز جگری ترسیم شده‌اند. این نقوش شامل اسلیمی، گل و بوته (شبهه نقوش و موتیف‌های گچبری) به صورت نقاشی (احتمالاً تمپرای صمغی) اجرا شده است (تصویر ۴ و ۵).
- کتیبه‌های قرار گرفته در زیر قسمت چپیره شامل خط کوفی مُزَهَّر با رنگ لاجوردی و ارتفاع ۹۰ سانتیمتر می‌باشد که داخل یک نوار همانند آنچه که در بقعه‌ی شاه کمال، گنبد هشت و سید رکن‌الدین ملاحظه شد، اجرا شده است [۹] و با بسم‌الله شروع و دارای متن آیات ۲۴، ۲۵ و ۲۶ سوره‌ی یونس می‌باشد (تصویر ۶).

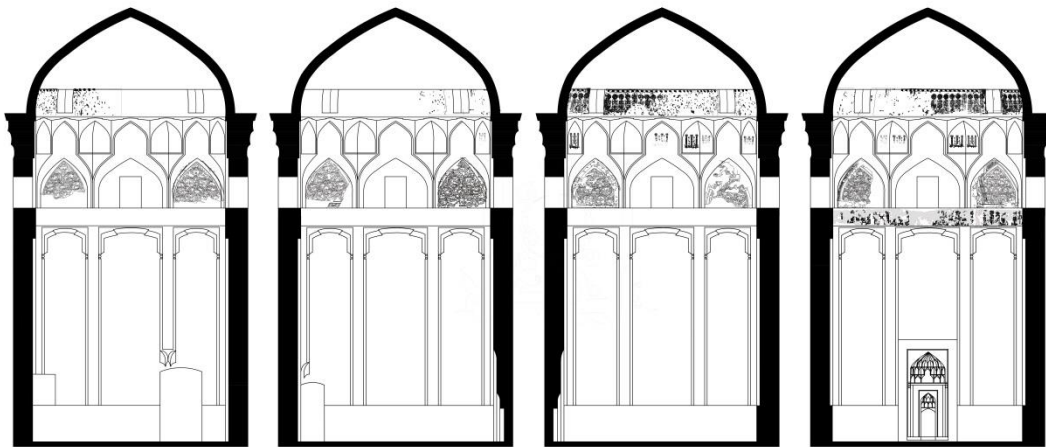


تصویر ۱ تا ۳- تصاویری از کتیبه‌های تک‌عبارتی با متن به ترتیب از راست به چپ: الحمد لله، الشکر لله و الثناء لله. (مأخذ:

نگارندگان، ۱۳۹۳)



تصاویر ۵ و ۴- تصویری از کتیبه‌های تک‌عبارتی (چپ) و تزئینات اسکنج‌ها (راست)، (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

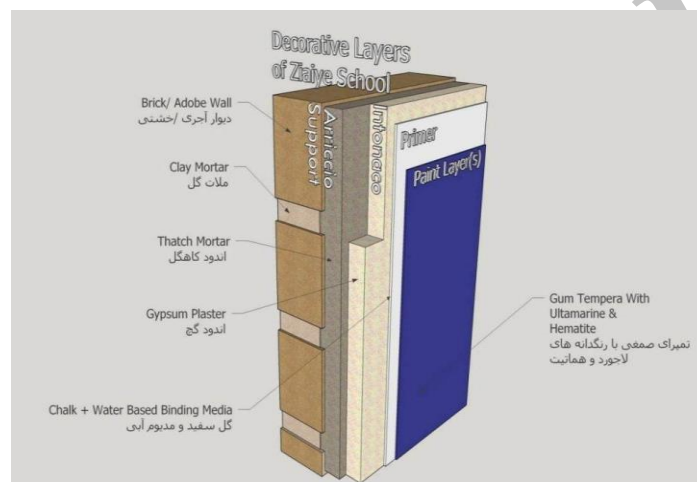


تصویر ۶- برشی از فضای داخلی و محل استقرار تزئینات رنگی ضیائیه، (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

ترتیب قرارگیری لایه‌های تشکیل دهنده‌ی آرایه‌های رنگی ضیائیه در مدرسه‌ی ضیائیه

در گنبدخانه مدرسه ضیائیه، تکیه‌گاه با مصالح آجر و خشت اجرا شده و ابعاد خشت‌های آن به طول و ارتفاع ۵/۵ × ۲۷ و ۵/۴ × ۲۶/۵ و ۵ × ۲۱ سانتی‌متر هستند و ابعاد آجر به طول و ارتفاع ۵ × ۲۲ و ۴ × ۲۰ سانتی‌متر است. بنا بر نتایج به دست آمده از مشاهدات، محل ریزش لایه‌ها به نظر می‌رسد از مصالح آجر نیز مانند خشت تا حد زیادی در ساخت بدنه استفاده شده است. ملات مورد استفاده برای خشت، گِل و برای آجر، گچ است. ماده‌ی اصلی تشکیل دهنده لایه‌ی آستر در بناهای ایران گچ، گچ و خاک، خاک‌رس می‌باشد که در مدرسه ضیائیه، جهت افزودن بعضی ویژگی‌ها به این لایه از ماسه و کاه استفاده شده است. اضافه کردن ماسه موجب کاهش خاصیت چسبندگی گِل (خاک + آب) و با اضافه کردن کاه از ترک خوردگی آستر جلوگیری شده است. نتایج بررسی‌ها روی آستر کاهگلی دوره‌ی تاریخی و متعلق به تاریخ ساخت بنا را نشان می‌دهد؛ آستر کاهگل تاریخی با گذشت زمان، دچار تخریب جدی در اثر حمله‌ی موربانه‌ها شده و دیگر توانایی حمل لایه‌های فوقانی را ندارد به طوری که در برخی قسمت‌ها مانند فیلپوش‌ها احتمال جدی خطر ریزش وجود دارد. در ایران به جهت ویژگی‌های ممتاز گچ و مناسب بودن آن با شرایط اقلیمی اغلب از بستر گچی در دیوارنگاره‌ها استفاده می‌شده است. لایه‌ی بستر در نقاشی‌های دیواری نسبت به لایه‌ی آستر دارای ضخامت کمتر و دانه‌بندی ریزتری می‌باشد و گچ‌کاری این لایه به صورت کشته و یا نیمه‌کشته اجرا می‌گردیده است. در نمونه‌ی مورد مطالعه، سطح آستر، تنها با یک لایه‌ی بستر پوشیده شده است. این لایه به صورت یکدست و یکنواخت روی سطح سیمگل اجرا شده است. مواد اصلی تشکیل‌دهنده‌ی لایه بستر، گچ است. ضخامت لایه‌ی بستر در حدود ۲ تا ۳ میلی-

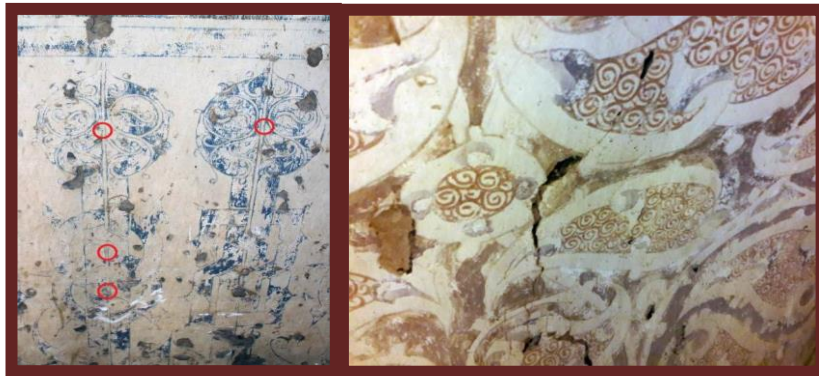
متر می‌باشد. رنگ گچ به کار رفته در لایه‌ی بستر تا حد کمی تیره است. به عبارت دیگر رنگ گچ به کار رفته در لایه بستر نسبت به رنگ لایه‌ی تدارکاتی اجرا شده روی آن تیره‌تر است. در این بنا نیز از گچ سفید جهت بوم‌سازی و اجرای لایه تدارکاتی استفاده شده است. در یزد اغلب برای بوم‌سازی یک لایه کتیرا یا مخلوطی از کتیرا و سریشم روی سطح بستر اعمال می‌شود. بر اساس تست‌های ابتدایی شامل حلالیت در آب که بر روی نمونه رنگ‌های موجود انجام گرفته، می‌توان گفت جنس رنگ‌ماده به کار رفته در آرایه‌های رنگی فضای داخلی گنبدخانه ضیائیه، تمپرای صمغی (Gum tempera) متشکل از ماده چسباننده از صمغ‌های پلی‌ساکاریدی (صمغ‌های گیاهی مانند صمغ عربی) و رنگ‌دانه‌ها می‌باشند ولی شناسایی دقیق‌تر منشأ بست نیازمند روش‌های آنالیزی پیچیده‌تر می‌باشد که بعضاً در کشور موجود نیستند و یا برای نمونه‌های این‌چنین کالیبره نشده‌اند. از طرفی شناسایی بست نیازمند نمونه‌برداری نسبتاً وسیعی می‌باشد که از لحاظ فنی و اخلاقی شاید درست نباشد.



تصویر ۷- تصویر شماتیکی از لایه‌های تشکیل‌دهنده تزئینات رنگی ضیائیه، (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

روش‌های پیاده کردن طرح تزئینات روی دیوار

مطالعات انجام شده بر روی نقاشی‌های دیواری مدرسه‌ی ضیائیه نشان می‌دهد در ساخت این آثار، مهارت و خلاقیت استاد کاران نقش زیادی ایفا کرده است. این هنرمندان برای اجرای طرح تزئینات، اصول و قواعد خاصی به کار گرفته‌اند که از ویژگی‌های تزئینات مدرسه‌ی ضیائیه به حساب می‌آید. ابتدا بر اساس طرح اولیه تقسیم‌بندی فضایی در کل بدنه بنا انجام شده است. در ادامه، تمام سطوح داخل آن، طی یک تقسیم‌بندی ریزتر به صورت مشخص و حساب‌شده با انواع تزئینات نقاشی‌دیواری پوشیده شده است. در تقسیم‌بندی فضایی اولیه در کل بدنه و نیز تقسیم‌بندی ریزتر، در هر یک از فضاهای بزرگ، از روش خط‌اندازی روی گچ بستر استفاده شده است. به طور کلی نحوه کشیدن طرح در بخش‌های مختلف، متفاوت است. در بعضی موارد ابتدا طرح را به روش گرته‌کردن، روی بستر، منتقل کرده، سپس با کشیدن قلم‌موی خیس روی آن و یا به طور جداگانه با استفاده از رنگ خطوط کلی طرح کشیده شده است و در جایی دیگر، جهت اجرای بخش‌های مدور نوشته‌ها از ابزاری مانند پرگار استفاده نموده‌اند که جای استقرار سوزن آن در نگاره‌ها و در مرکز دوایر مشخص می‌باشد (تصویر ۸ و ۹). قلمگیری‌های مورد نیاز نیز، با استفاده از رنگ‌های سیاه، قرمز و خردلی بر روی سطح بستر صورت پذیرفته است. در بعضی دیگر مساحت مورد نظر برای اجرای تزئینات با رنگ‌آمیزی مشخص شده است.



تصویر ۸ و ۹- به ترتیب از سمت راست: دتایلی از نقوش فیلیپوش‌ها و قلمگیری‌های موجود، سمت چپ، محل پایه استقرار پیرگار در وسط دوایر که با رنگ قرمز مشخص شده اند به خوبی مشخص است (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

جهت شناسایی زیرطرح‌های موجود نیز از تکنیک عکس‌برداری رفلکتوگرافی دیجیتال مادون قرمز استفاده شد. برای این منظور، توسط پژوهشگر یک دوربین عکاسی مادون قرمز طراحی و برای عکس‌برداری و امکان شناسایی زیرطرح‌ها در مدرسه ضیائییه به کار رفت. اساس کار این تکنیک ثبت امواج مادون قرمز منعکس شده از روی اجسام است که هدف آن آشکارسازی جنبه‌های پنهان یک سوژه، در محدوده طول موج مادون قرمز (فروسرخ) است. سنسور این دوربین نه تنها به طیف مرئی بلکه به گستره بسیار بازتری در محدوده ماورای بنفش تا مادون قرمز با طول موج ۱ میکرومتر حساس است. برای عکاسی مادون قرمز فقط کافیست از برخورد طیف مرئی که اینجا یک پارامتر اخلاص است، جلوگیری نموده و تنها به امواج مادون قرمز فرصت داد تا به حسگر برخورد و تصویر سوژه را ثبت نمایند. استفاده از فیلترهای مادون قرمز راه دسترسی به این هدف را فراهم می‌نمایند. رنگ‌دانه‌های سطح عموماً در طول موج بلندتر از ۱۱۰۰ نانومتر واضح هستند، بنابراین، نور مادون قرمز با ۸۰۰ نانومتر که از سطح رویی اثر نفوذ می‌کنند، بر روی حسگر دوربین ثبت شده و جزئیاتی را به نمایش می‌گذارند که با چشم غیرمسلح قابل شناسایی نیستند. از طرفی در این تکنیک تصویربرداری از هیچ منبع نوری مضر برای تزئینات رنگی و همچنین کاربر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و یک روش آزمون غیر تخریبی است. متأسفانه این روش در شناسایی زیر طرح کمک شایانی ننمود.

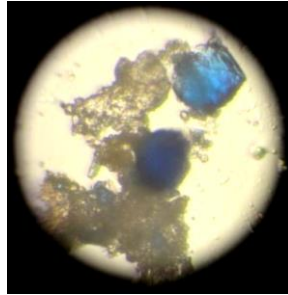


تصاویر ۱۰ تا ۱۳- عکسبرداری رفلکتوگرافی مادون قرمز در ستون سمت چپ و تصاویر معمولی از همان زاویه در سمت راست. (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

شناسایی رنگ‌دانه‌ها و مصالح به کار رفته در آرایه‌های رنگی

روش ماکروگرافی و میکروگرافی

در این روش دانه‌های هر یک از رنگ‌دانه‌ها در زیر میکروسکوپ عبوری دیده و ویژگی کریستالی هر یک مورد بررسی قرار می‌گیرند. در تصویر شماره ۱۴ نمونه‌ی رنگ‌دانه‌های آبی در زیر میکروسکوپ پلاریزان قابل مشاهده‌اند.



تصویر ۱۴- تصویر میکروسکوپ پلاریزان از نمونه‌ی رنگ‌دانه‌ی آبی لاجوردی متعلق به بقعه ضیائیه. تابش نور پلاریزه حاکی از فرم کریستالین رنگ‌دانه‌ی لاجورد طبیعی است. (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

روش شیمی تر

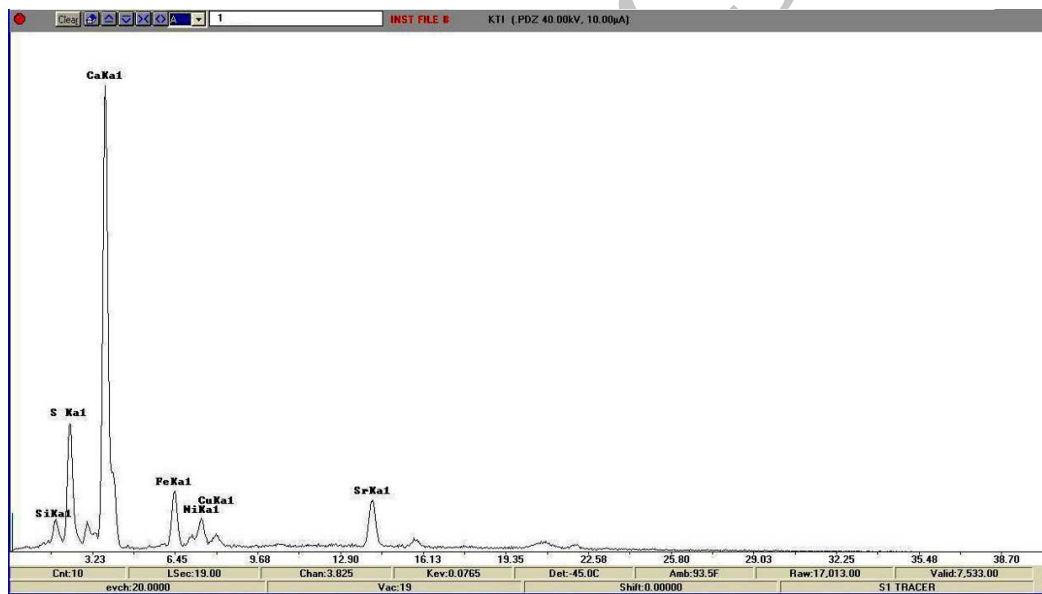
داده‌های این شیوه بیشتر کیفی می‌باشند و با استفاده از شناساگرها و تغییرات رنگی و یا ایجاد رسوب یا تشکیل گاز قابل دریافت هستند. نتایج حاصل از روش‌های شناسایی شیمی تر که بر روی تزئینات ضیائیه صورت پذیرفته، در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱- نتایج شناسایی مواد به کار رفته در تزئینات با روش شیمی تر (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

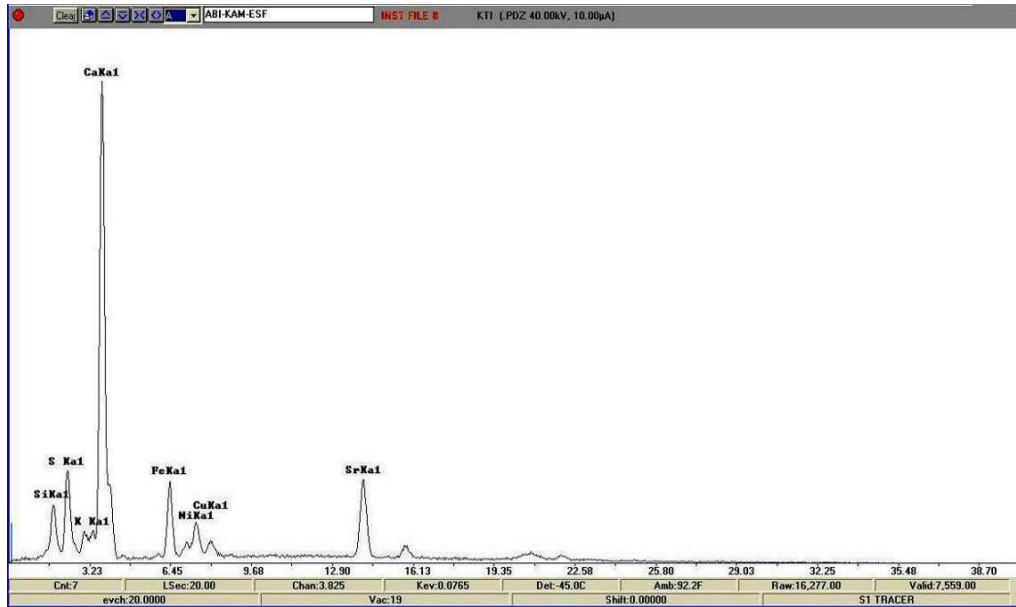
اجزا	شکل و حالت ظاهری	آنالیز انجام شده	شاخصه	جواب
لایه‌ی بستر	اندود با ضخامت ۳-۵ میلی‌متر و رنگ صورتی خاکی روشن	تست آنیون سولفات SO_4^{2-} انحلال نمونه در نیتریک اسید سولفات با باریم کلراید	تشکیل رسوب سفید باریم سولفات $BaSO_4$ ، عدم جوابدهی تست آنیون کربنات	اندود گچ
لایه‌ی تدارکاتی	پوشش سفیدرنگ که بست آن در آب قابل حل است.	تست آنیون کربنات CO_3^{2-} با حضور اسید (نیتریک- کلریدریک)	جوش زدن و حل شدن در اسید عدم جوابدهی تست آنیون کربنات و کاتیون سرب با پتاسیم یدید KI	گل سفید (هونتیت)
رنگ آبی	پوشش آبی تیره‌رنگ که بست آن در آب قابل حل است.	تست لاجورد با کلریدریک اسید	جوش زدن، از دست رفتن رنگ، تشکیل گاز H_2S با بوی تخم مرغ گندیده. عدم جوابدهی تست کاتیون مس	لاجورد
رنگ قرمز	پوشش قرمز جگری‌رنگ که بست آن در آب قابل حل است و با آن الگوهای حلزونی داخل اسلیمی و ختایی‌های اسکنج‌ها ایجاد شده‌اند.	تست پتاسیم فروسیانات KSCN و آمونیوم تیوسیانات $K_4Fe(CN)_6$	ظهور قرمز خونی با فروسیانات ظهور آبی تیره با تیوسیانات	اکسید آهن سه ظرفیتی با ساختار هماتیت (اخرا یا گل سرخ)

آنالیز طیف‌نگاری فلورسانس اشعه ایکس (XRF)^۴

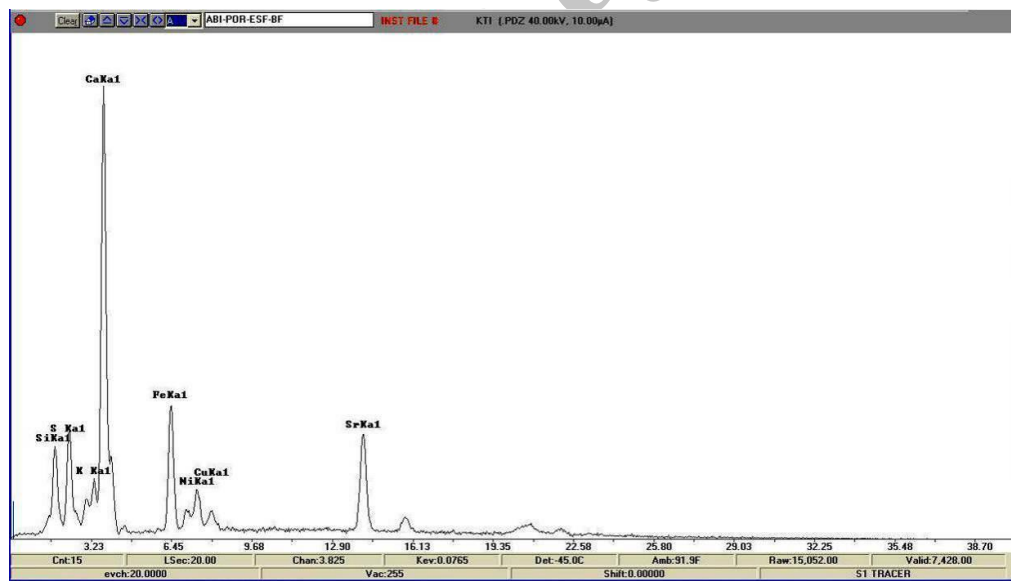
با استفاده از این تکنیک، می‌توان آنالیز عنصری را به صورت کیفی و تا حدودی کمی به خصوص در مورد نمونه‌های معدنی، باستانی، زمین‌شناسی، کانی‌ها، سنگ‌ها، شیشه، سیمان، سرامیک‌ها و آلیاژهای فلزی انجام داد که دقت آن برای عناصر سنگین بیشتر است. آنالیز لایه‌ی تدارکاتی حضور میزان بالای کاتیون کلسیم Ca^{2+} را ثبت نموده که تا حدود زیادی نظریه‌ی گل سفید بودن آن را تقویت می‌نماید (نمودار ۱). از رنگ آبی تیره از دو محل کتیبه‌ها و اسکنج‌ها دو نمونه تهیه و آنالیز گردید که در هر دو وجود سیلیسیم، سدیم و سولفور را که نشان‌دهنده‌ی لاجورد بودن رنگ‌دانه‌های مذکور می‌باشد، محرز گردید (نمودار ۲ و ۳). از طرف دیگر حضور آهن تا حدودی این نتیجه‌گیری را قوت می‌بخشد چراکه با توجه به منشأ کانی لاجورد، در اکثر اوقات همراه آن سولفید آهن II به صورت پریت بسیار وجود دارد. ناخالصی‌های لاجورد بیشتر می‌توانند شامل کلسیت (سفید)، سودالیت (آبی)، و پیریت (زرد فلزی) باشند. لازم به ذکر است وجود کلسیم به خاطر حضور لایه‌ی تدارکاتی گل سفید در نمونه می‌باشد. در نمونه‌ی رنگ قرمز حضور مشخص و قطعی آهن واضح و ثابت می‌باشد که گواه رنگ‌دانه آخرا و یا گل‌سرخ با کانی معدنی هماتیت می‌باشد (نمودار ۴).



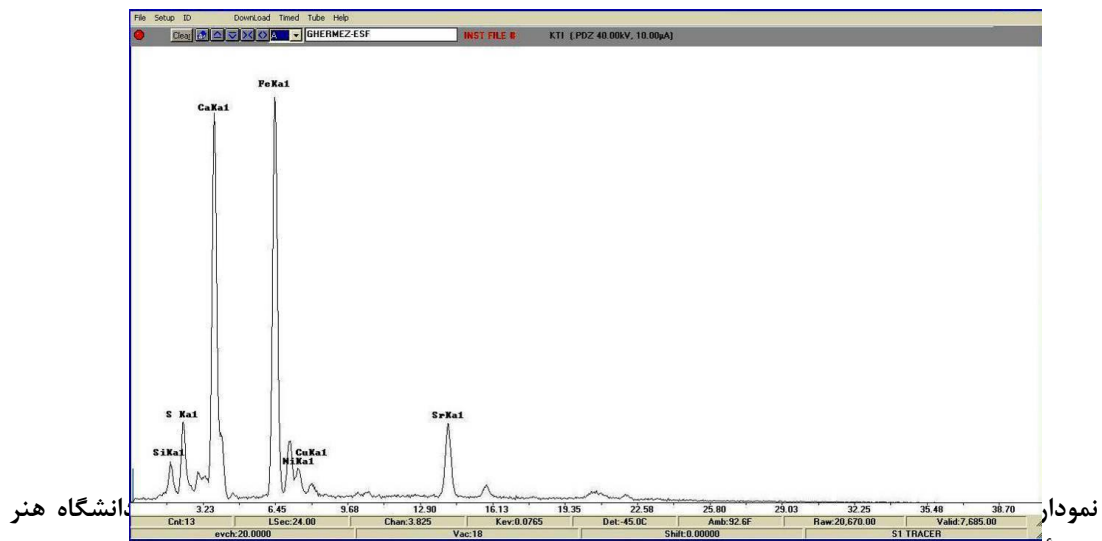
نمودار ۱- آنالیز XRF از رنگ‌دانه‌ی سفید لایه‌ی تدارکاتی، مرجع انجام آزمایش: مرکز فلورسانس اشعه ایکس دانشگاه هنر تهران، (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)



نمودار ۲- آنالیز XRF از رنگ‌دانه‌ی آبی پُررنگ، مرجع انجام آزمایش: مرکز فلورسانس اشعه ایکس دانشگاه هنر تهران، (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)



نمودار ۳- آنالیز XRF از رنگ‌دانه‌ی آبی رقیق، مرجع انجام آزمایش: مرکز فلورسانس اشعه ایکس دانشگاه هنر تهران، (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)



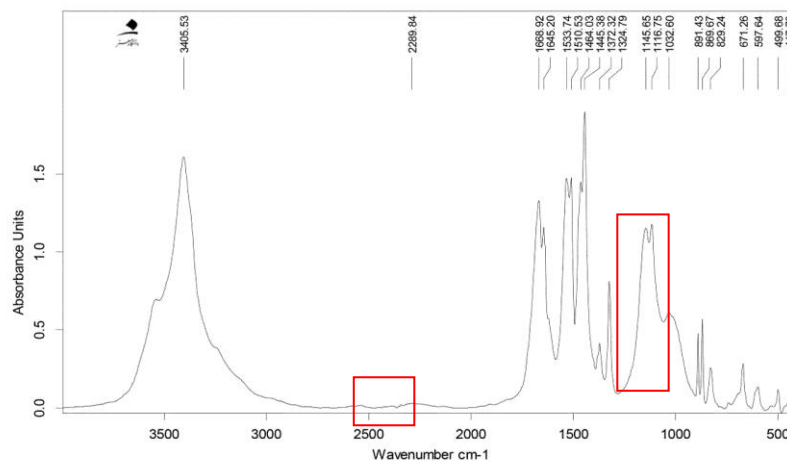
دانشگاه هنر

نمودار

تهران. (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) ۵

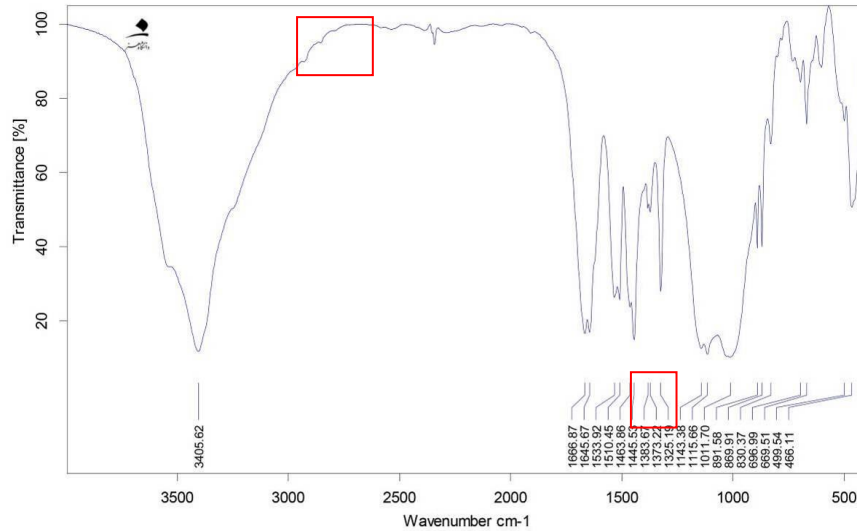
طیف سنجی مادون قرمز بر اساس جذب تابش و بررسی جهش‌های ارتعاشی مولکول‌ها و یون‌های چند اتمی صورت می‌گیرد. این روش برای تعیین ساختار و اندازه‌گیری گونه‌های شیمیایی به کار می‌رود. در مطالعه‌ی رنگدانه‌های مورد استفاده در مدرسه‌ی ضیائیه، رنگدادهای آبی، آبی روحی و سفید لایه‌ی تدارکاتی مورد آنالیز قرار گرفت. در نمونه‌ی جذب آبی کمرنگ (رنگ روحی) شاهد یک افت و خیز نمودار خطی در محدوده‌ی عدد موج ۲۳۴۰ هستیم که نشان‌دهنده‌ی یون‌های سولفور در ترکیب آن و همچنین در محدوده‌ی ۹۵۰ تا ۱۱۵۰ نیز هم‌پوشانی پیوندهای کششی Si-O-Al و Si-O-Si هستیم که نظریه‌ی لاجورد بودن رنگدانه را قوت می‌بخشد (نمودار ۵).



نمودار ۵- آنالیز FTIR از رنگدانه‌ی آبی کمرنگ، مرجع انجام آزمایش: مرکز طیف سنجی مادون قرمز دانشگاه

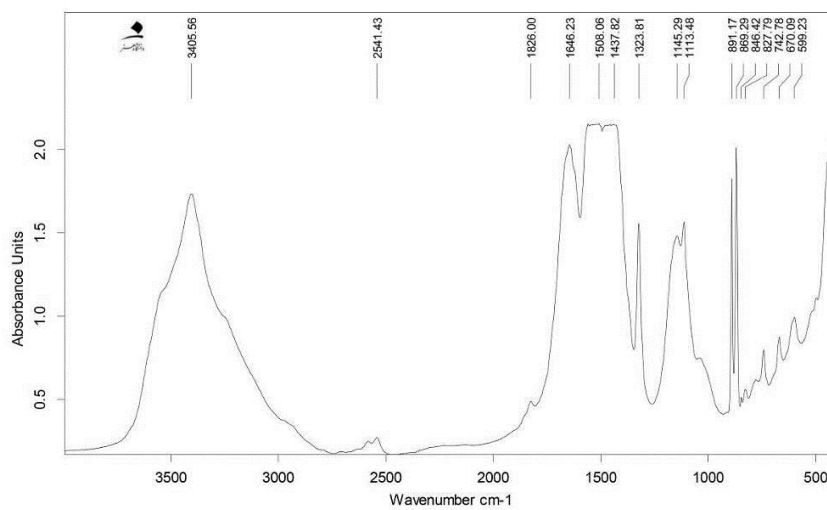
هنر تهران. (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

در نمونه‌ی عبوری و جذبی از آبی پُررنگ نیز شاهد همان اُفت و خیز نمودار خطی در محدوده‌ی عدد موج ۲۳۴۰ هستیم که نشان دهنده یون‌های سولفور در ترکیب آن و همچنین در محدوده‌ی ۹۵۰ تا ۱۱۵۰ نیز همپوشانی پیوندهای کششی Si-O-Al و Si-O-Si هستیم که با قطعیت بیشتری لاجورد بودن رنگ‌دانه را اثبات می‌کند(نمودار ۶).



نمودار ۶- آنالیز FTIR از رنگ‌دانه‌ی آبی پُررنگ، مرجع انجام آزمایش: مرکز طیف سنجی مادون قرمز دانشگاه هنر تهران. (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

در نمونه‌ی سفید لایه تدارکاتی، یک سهمی با قله‌ی مسطح در محدوده‌ی طول موج ۱۴۹۰-۱۳۷۰ پیوند کششی CO₃-2 را نشان داده و پیک‌های واضح در محدوده‌ی ۸۵۰-۹۱۰ پیوند خمشی O-C-O را به وضوح نشان می‌دهند. حضور کربنات، گِل سفید بودن لایه‌ی تدارکاتی (CaCO₃) را نشان می‌دهند(نمودار ۷).

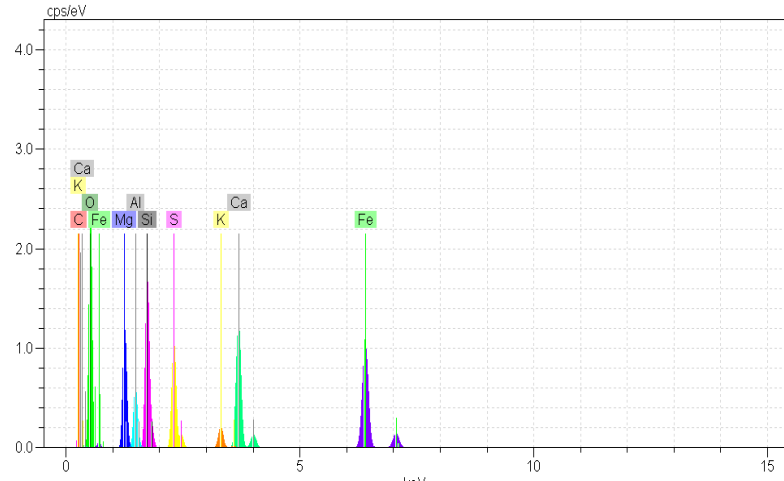


نمودار ۷- آنالیز FTIR از رنگ‌دانه‌ی سفید لایه تدارکاتی، مرجع انجام آزمایش: مرکز طیف سنجی مادون قرمز دانشگاه هنر تهران. (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

آنالیز میکروسکوپ الکترونی (SEM)

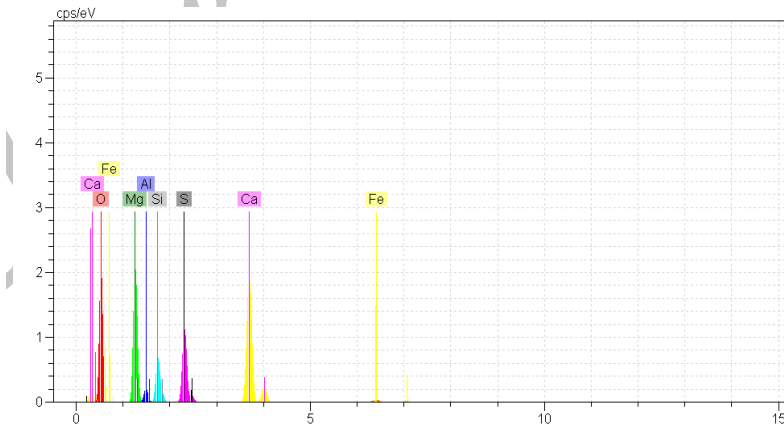
این روش برای شناسایی رنگدانه‌های قرمز-قهوه‌ای و سیاه قلمگیری در تزئینات رنگی مدرسه ضیائیة مورد استفاده قرار گرفت. در نمونه‌ی قرمز حضور آهن نشان‌دهنده رنگدانه هماتیت یا گل سرخ می‌باشد. از طرفی وجود منیزیم در قلمگیری‌ها دلالت بر حضور اکسید منگنز سیاه (مغَن) می‌باشد. (نمودار ۸ و ۹).

Carbon	K series	1.15
1.31	2.38	
Oxygen	K series	41.31
47.42	64.53	
Magnesium	K series	8.13
9.33	8.36	
Aluminium	K series	3.58
4.11	3.32	
Silicon	K series	8.57
9.84	7.63	
Sulfur	K series	4.91
5.64	3.83	
Potassium	K series	0.88
1.01	0.56	
Calcium	K series	6.07
6.97	3.78	
Iron	K series	12.52
14.37	5.60	
Total:		87.1 %



نمودار ۸- آنالیز SEM از رنگدانه قرمز-قهوه‌ای، مرجع انجام آزمایش: مرکز SEM دانشگاه تربیت مدرس تهران. (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

Oxygen	K series	42.01
58.44	72.22	
Magnesium	K series	11.78
16.38	13.33	
Aluminium	K series	1.11
1.55	1.13	
Silicon	K series	3.35
4.66	3.28	
Sulfur	K series	4.41
6.14	3.79	
Calcium	K series	8.81
12.25	6.05	
Iron	K series	0.41
0.57	0.20	
Total:		71.9%



نمودار ۹- آنالیز SEM از رنگدانه‌ی مشکی، مرجع انجام آزمایش: مرکز SEM دانشگاه تربیت مدرس تهران. (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳)

نتیجه‌گیری

ترتیب قرارگیری لایه‌های تزئینات در بخش فضای گنبدخانه این بنا بدین صورت است که پس از تکیه‌گاه آجری و خشتی، آستر کاه‌گلی، سپس بستر با اندود گچی، لایه تدارکاتی با گل سفید و در آخر لایه رنگ که به شیوه تمپرای صمغی اجرا شده است، قرار دارد. در واقع لایه رنگ در این بنا متشکل از ماده چسباننده از صمغ‌های پلی‌ساکاریدی

(صمغ‌های گیاهی مانند صمغ عربی) و رنگ‌دانه‌ها می‌باشند. براساس نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی دستگامی و شیمی کلاسیک، رنگ‌های مورد استفاده در بخش تزئینات فضای زیر گنبد مدرسه ضیائیه دارای ماهیت معدنی و ترکیباتی نظیر آبی لاجورد، قرمز آخرا(هماتیت)، گل سفید (هانتیت) و سیاه مَعَن جهت قلمگیری‌ها بوده است. شیوه اجرای نقوش بر اساس مشاهدات و تصاویر رفلکتوگرافی مادون قرمز، در قسمت‌های مختلف، متفاوت است. در بعضی بخش‌ها طرح به کمک گرته کردن به بستر منتقل شده و سپس با قلمویی خیس خطوط اصلی قرص می‌شده و سپس رنگ‌گذاری به شیوه تمپرای صمغی اجرا می‌شده است. در روشی دیگر ترسیم نقوش به کمک خراش اندازی با جسم نوک‌تیز، خط‌کش و پرگار انجام گرفته است که این روش بیشتر در بخش نقوش منحنی و دایره‌وار قابل رؤیت است.

مراجع

- [۱] حاتمی، ح. جنبش مدرسه سازی در ایران عصر ایلخانی - مراکز علمی و آموزشی ایران در عصر ایلخانان و تأثیر آن در فرهنگ و تمدن اسلامی - ایرانی، مجله سخن تاریخ، ۱۳۸۹.
- [۲] زینلی، ب.، پیرمردیان، م. تحلیلی بر تطور تاریخ نگاری محلی یزد (از آغاز تا پایان عصر صفوی)، دوفصلنامه پژوهشنامه تاریخهای محلی ایران، ۱۳۹۳.
- [۳] میرحسینی، م.، یزد از ظهور تا سقوط آل مظفر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده ادبیات، تهران، ۱۳۷۲.
- [۴] مدارس اسلامی ایران، میعادگاه دین و هنر، مجله هنر، ۱۳۶۲.
- [۵] ویلبر، د. معماری اسلامی ایران در دوره ایلخانان، ترجمه عبدالله فریار، بنگاه ترجمه و مؤسسه نشر کتاب، ۱۳۴۶.
- [۶] افشار، ا.، یادگارهای یزد، جلد دوم، انجمن آثار ملی تهران، ۱۳۵۴.
- [۷] کاتب، ا.، تاریخ جدید یزد، انتشارات امیرکبیر، ۱۳۸۶.
- [۸] جعفری، ج.، تاریخ یزد، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۸۴.
- [۹] خادم‌زاده، م.، ، علمی، م.، الوندیان، ا.، معماری دوره آل مظفر یزد(ایلخانی و تیموری) با نگاهی به بناهای عصر اتابکان، انتشارات هم‌پا، ۱۳۸۷.
- [۱۰] عینی‌فر، ع.، خادم‌زاده، م.، بازشناسی معماری اتابکان یزد از متون تاریخی، نمونه موردی: مجموعه دولت خانه اتابک قطب-الدین، نامه معماری و شهرسازی، ۱۳۹۰.
- [۱۱] کریمی، ا.، هلاکویی، پ.، معماری و تزئینات بنای پیر حمزه سبزیپوش ابرکوه، فصل‌نامه گلستان هنر، ۱۳۸۷.
- [۱۲] علمی، م.، راهبرد، نگاهداشت، مرمت و احیای کتیبه کوفی و دیوارنگاره خانه حسینیان شهر یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد(چاپ نشده)، دانشگاه هنر تهران، دانشکده هنرهای کاربردی، تهران، ۱۳۸۸.
- [۱۳] حمزوی، ی.، پروژه حفاظت و مرمت نقاشی‌های تزئینی و تزئینات گچی بخشی از سقف گنبد بقعه سید رکن‌الدین، سازمان میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی استان یزد، ۱۳۸۸.
- [۱۴] شیشه‌بری، ط.، فرهنگ بروجنی، ح.، عابد اصفهانی، ع.، شناخت مواد و فنون دیوارنگاری پنج بنای ایلخانی، نشریه مرمت آثار و بافت‌های تاریخی، فرهنگ، ۱۳۹۱.
- [۱۵] جعفری، ج.، تاریخ یزد، بنگاه ترجمه و نشر کتاب، چاپ دوم، ۱۳۴۳.
- [۱۶] جعفری، ج.، تاریخ یزد، بنگاه ترجمه و نشر کتاب، چاپ اول، ۱۳۳۸.
- [۱۷] ولیبیگ، ن.، مؤذن، ا.، بررسی پایداری قوس شبدری تند در برابر بار وزن، مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، تبریز، ۱۳۹۲.